

液压爬模工艺在超高墩柱施工中的应用

孟玉团

(中交一航局第一工程有限公司)

摘 要: 高山峡谷地区的大跨径、高墩身的大型桥梁大多采用空心薄壁墩墩身结构, 施工难度较高, 为解决空心薄壁墩身施工工效及施工过程中的安全风险问题, 主要采用爬模施工工艺。基于巫云至开州高速公路工程凤凰特大桥百米高墩液压爬模施工, 对空心薄壁墩液压爬模施工技术进行了分析研究, 结合液压爬模系统形成了系统的液压爬模施工工艺, 结合液压爬模结构特点形成了针对性的施工质量、安全管理措施, 总结出完整的液压爬模施工工艺流程及管理体系, 可为类似工程中推广应用。

关键词: 液压爬模; 空心薄壁墩; 循环爬升; 安全管理

1 工程概况

巫溪至开州高速公路项目位于重庆市巫溪县, 按四车道高速公路标准建设, 设计速度 80 km/h, 整体式路基宽度 25.5 m, 桥梁设计荷载为公路 I 级; 交通工程及沿线设施等级为 A 级。本标段全长 13.2 km, 总体呈东西走向。

凤凰特大桥位于山谷中, 桥梁主墩截面尺寸 9 m×8.25 m(顺桥向×横桥向), 壁厚 120 cm, 左、右线墩高均为 114 m; 交界墩截面尺寸 3.8 m×6.5 m(顺桥向×横桥向), 壁厚 60 cm; 左线墩高 101 m, 右线墩高 103 m。

桥梁上部为 3 联 7 跨(0.5 m+2×30 m+96 m+180 m+96 m+2×30 m+0.5 m)结构, 第 1 联、第 3 联为预制 T 梁结构, 第 2 联为连续刚构悬臂梁, 桥梁主墩为 3 号、4 号墩、边界墩为 2 号、5 号墩, 均为空心薄壁墩, 桥墩施工采用液压爬模施工工艺。

2 液压爬模原理及组成

液压爬模系统的爬升通过油缸对爬杆和爬架交替顶升来实现, 爬杆和爬架通过墩身预埋装置交替附墙, 互相提升, 使系统向上爬升, 爬升过程由液压装置连接油缸进行操控^[1]。

液压爬模系统由埋件系统及附墙承重装置、导轨及爬升架体、液压顶升装置、操作平台、模板及其调整系统等组成^[2]。

2.1 埋件系统及附墙承重装置

埋件系统(爬锥)预埋入墩身混凝土中, 是爬模体系的主要受力点, 为保证爬锥的承载能力, 采用 40Cr 等高强度合金钢材质。爬锥于混凝土浇

筑前自构件外斜向下 45°插入模板, 埋入前对其表面涂抹黄油, 以便于自混凝土中拔出, 重复利用; 为确保爬锥安装位置混凝土的抗拉及抗裂性能, 于爬锥处混凝土内设置加强钢筋, 加强钢筋为 2 根 $\phi 25$ mm 的 HRB400 钢筋, 长度为 1 m。爬锥示意图见图 1。

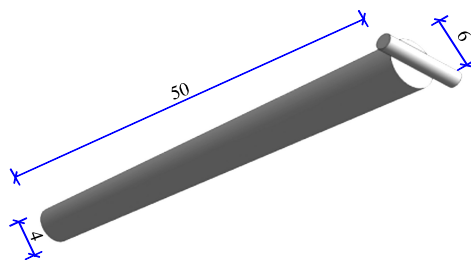


图 1 爬锥示意图(cm)

附墙承重装置(挂座)是连接爬锥与爬架、导轨的装置, 将爬模装置的荷载全部传递至爬锥上, 其一端挂置于爬锥上, 另一端承托导轨与爬架。挂座示意图见图 2。

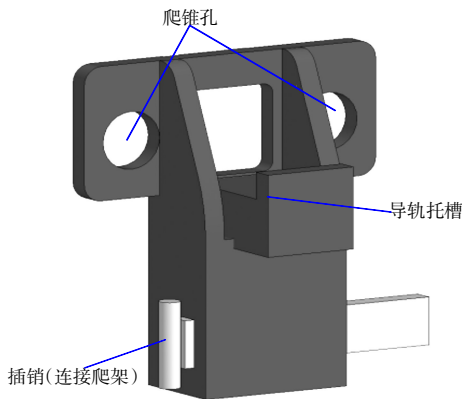


图 2 挂座示意图

2.2 导轨及爬升架体、液压顶升装置

爬架作为系统的主要支承装置,导轨、液压顶升装置、操作平台均附着于其上,能够带动爬模系统整体爬升。爬架平面图见图3。

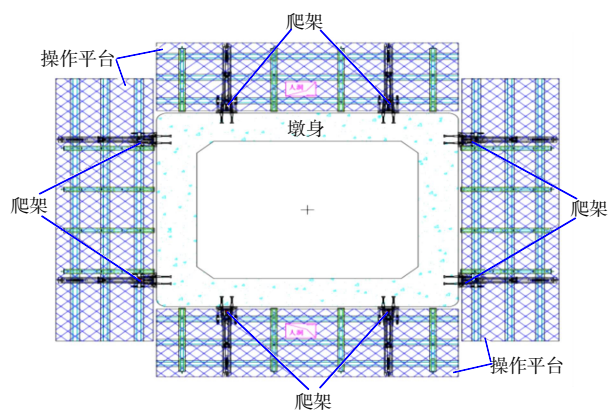


图3 爬架平面图

导轨和爬架两者之间可进行相对运动,当爬模处于工作状态时,导轨和爬架都支撑在同一爬锥上,两者间无相对运动。当爬模处于爬升状态时,先进行导轨提升,由爬架与爬锥承受系统重量;待导轨提升到位挂于下一节段墩身预埋爬锥上后,拆除爬架上的爬锥,然后进行爬架自爬升。

液压顶升装置附着于爬架上,为爬架爬升的顶推装置,一端通过油管与顶升装置连接,另一端与爬模系统操作台相连接。

2.3 操作平台

为确保人员施工安全,液压爬模设置了7层操作平台以供人员进行不同操作使用,操作平台由下至上依次为吊平台、液压平台、主平台、模板操作平台、混凝土浇筑平台及2个钢筋安装平台。操作平台布置图如图4所示。

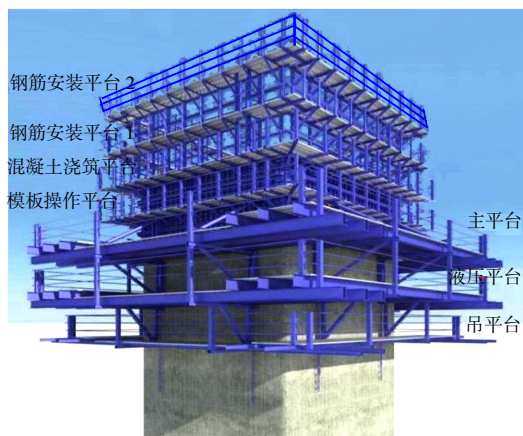


图4 操作平台布置图

1) 吊平台

尺寸为 $2\text{ m}\times 2\text{ m}$ (宽 \times 高),布置于爬架上,是爬模系统最底层的操作平台,用于墩身外观修补及上一节段爬锥拆除。

2) 液压平台

尺寸为 $3\text{ m}\times 2.5\text{ m}$ (宽 \times 高),布置于爬架上,位于吊平台上方,用于操作液压系统从而提升导轨及架体;

3) 主平台

尺寸为 $3\text{ m}\times 2.5\text{ m}$ (宽 \times 高),布置于爬架上,位于液压平台上方,用于调整及进、退模板。

4) 模板操作平台

尺寸为 $1\text{ m}\times 2\text{ m}$ (宽 \times 高),位于主平台上方,布置于墩身模板上,用于安拆模板对拉丝杆及螺栓。

5) 混凝土浇筑平台

位于模板操作平台上方,布置于墩身模板上,浇筑混凝土。

6) 钢筋安装平台

钢筋安装平台1尺寸为 $1\text{ m}\times 2.5\text{ m}$ (宽 \times 高),为活动式,搭设于墩身模板顶部,用于钢筋安装;钢筋安装平台2宽 1 m ,顶部悬空,为活动式,搭设于墩身模板顶部,用于钢筋安装。

操作平台以工字钢、槽钢、方钢、角钢以及配套螺栓、插销等横纵搭设作为骨架。为减轻整体结构重量,采用铝架板作为踏板,骨架整体支承于爬架上,由爬架承担平台的各项施工荷载。

2.4 模板及其调整系统

空心薄壁墩模板采用定型钢模板,模板面板厚 6 mm ,高 4.65 m ,宽 1.5 m ;墩身每节段施工 4.5 m ,模板下包上一节段墩身 0.15 m ,即每次墩身施工 4.5 m 。模板对拉杆采用 $\phi 20\text{ mm}$ 精轧螺纹钢,竖向间距 1.05 m ,横向间距 1.5 m ,两侧伸出模板外 15 cm ,采用双螺母固定。模板固定于液压爬模系统主平台上,通过爬模系统上的调整装置对模板进行开合操作。

3 液压爬模安装及爬升

3.1 液压爬模安装

液压爬模装置中,位于爬架上的吊平台、液压平台及主平台总高度 7.1 m ,需分布2个节段于已浇筑完成的墩身上,故安装分2次完成,第1次为空心薄壁墩第1节段施工完成后,进行爬架、爬杆、液压系统、液压平台及主平台的安装;第

2次为空心薄壁墩第2节段施工完成后,进行吊平台安装。其余平台位于墩身模板上,为模板附属平台,与墩身模板共同于第1节段施工时安装,待主平台安装完成后与模板进行连接即可。

液压爬模安装流程为:模板及附属平台安装→第1节墩身混凝土浇筑→模板拆除→安装爬架、主平台及液压平台→爬杆及液压系统安装→安装模板并与架体连成整体→第2节墩身混凝土浇筑→架体爬升至第2节段→安装吊平台→合模浇筑第3节墩身混凝土→液压爬模安装完毕,进入标准爬升阶段。

3.2 液压爬模爬升

液压爬模爬升步骤为:1)爬架拼装完成后,安装固定模板,并进行第1节段墩身混凝土浇筑,浇筑速度必须按照模板设计值有效控制,不得超过设计浇筑速度;2)进行下一节段墩身钢筋绑扎,混凝土达到设计强度时,拆除及后移模板,并将模板固定牢固后进行爬架的整体爬升,爬升过程中要时刻注意爬模的姿态控制;3)爬升到位后,检查并固定爬架,并进行模板的定位安装;4)进行第2节段墩身混凝土浇筑;5)重复第2步操作内容,直至进入标准节段。

4 安全措施

4.1 施工注意事项

1)使用的爬锥应定期检查变形情况、表面伤痕、疲劳裂纹;

2)挂板应紧贴混凝土面,竖直向下。将锥销插入挂座预留孔后,应适当敲击,避免松动或插入深度不够;

3)架体所有销轴必须插安全销,防止销轴因振捣产生松动或脱落,所有螺栓连接应加平垫拧紧。设置专人对液压爬模安全销进行定时检查,安全销安装不牢靠严禁施工,安全销松懈时需立即停止施工并安装牢固;

4)防坠楔应与架体连接可靠,爬升过程中随时调节与混凝土体间隙,使间隙控制在1~2 cm范围内,防坠楔保持在轨道的中部;

5)爬升前对爬模系统进行全面检查,将操作平台上不必要荷载清除,确保爬架上的爬锥已拆除,轨道与下一节段混凝土间的爬锥连接牢靠;

6)每次爬升时先将体系提升2 cm后停止,检查各受力点是否正常。爬升时注意观测,严格控制8个液压千斤顶同步顶升,水平爬升高度差

小于2 cm。爬模爬升时除爬模操作人员全部离开爬模架,爬升到位后其他作业方可进行;

7)爬升时混凝土强度大于15 MPa,次平台不超过3人,其余平台均不得站人,爬升速度不得超过16 cm/min。每个爬升行程(40 cm)完毕后,应检查油缸上下的挂板是否紧密挂置于轨道上,若未紧密挂置,应采用工具对其进行敲打紧密挂置;

8)液压爬模应设专人操作,非操作人员不得动用液压泵。爬模安装完成后及爬升前后需做好检查记录。

4.2 安全防护措施

1) 扶梯、护栏

液压爬模每层操作平台外侧及两层钢筋安装平台内侧均需设置防护栏杆。防护栏杆竖杆采用10 cm×10 cm方钢,间距2 m,横杆采用脚手管,总计3道,防护栏杆内侧布置高度1.5 m的成品防护网,防护网与防护栏杆采用轧带绑扎。平台与平台之间设置上下扶梯,扶梯踏步宽度不小于10 cm。

每层操作平台上均应设置灭火器、垃圾箱、安全标识牌及楼层标识牌,楼层标识牌上应明确楼层数、最大承载能力等。

2) 踢脚板

吊平台、液压平台、主平台与混凝土表面一般有15~20 cm宽的缝隙,方便其爬升。在施工过程中,应于缝隙处设置活动式踢脚板,踢脚板采用5 mm厚钢板,钢板与操作平台间采用折页连接,以免人员或物品坠落。

3) 同步爬升观测器、爬模操作台防护罩

液压爬模在爬升过程中,应确保各爬架同步,边爬升边观测。在墩身四面的液压平台上安装水平仪,爬升过程中确保水平仪中的空气球居中,否则应立即停止爬升并查找原因。

液压爬模操作台应设置防护罩,以避免物体砸伤操作台。防护罩以2 cm×2 cm方钢作为骨架、2 mm厚的钢板作为护罩;防护罩表面张贴相应的安全标识、液压爬模操作规程、液压爬模验收表等。防护罩为活动式,使用操作台时将其移至一旁即可。

4) 爬模防坠装置

爬架与混凝土表面设置防坠楔,四周平台间采用 $\phi 25$ mm精轧螺纹钢相互连接。当某一个爬

架、爬锥或附墙装置等出现问题后，该处的爬模系统平台急剧下坠，防坠楔能够减缓其下坠速度，以达到防止平台下落的效果，防坠楔表面应装有橡胶垫，防止对墩身混凝土造成磕碰。

5) 模板防雷接地、施工照明

因墩身施工较高，应对爬模系统采取防雷措施，避免雷雨天气对人员或架体造成伤害。为确保夜间施工具有充足的照明，应在爬模系统上设置照明灯带，灯带缠绕于每层操作平台护栏的最顶层横杆上，沿操作平台四周布置。

5 质量控制

5.1 质量控制标准

根据 JGJ/T 195—2018《液压爬升模板工程技术标准》规定，爬模装置安装允许偏差和检验方法见表 1。

表 1 爬模装置安装允许偏差和检验方法表

项目		允许偏差/ mm	检验方法
模板轴线与相应结构轴线位置		3	吊线、钢卷尺检查
截面尺寸		±2	钢卷尺检查
组拼成大模板的边长偏差		±3	钢卷尺检查
组拼成大模板的对角线偏差		5	钢卷尺检查
相邻模板拼缝高低差		1	平尺、塞尺检查
模板平整度		3	2 m 靠尺、塞尺检查
模板上口标高		±5	水准仪、拉线、钢卷尺检查
模板垂直度	≤5 m	3	吊线、钢卷尺检查
	>5 m	5	吊线、钢卷尺检查
背楞位置偏差	水平方向	3	吊线、钢卷尺检查
	垂直方向	3	吊线、钢卷尺检查
架体或提升架垂直偏差	平面内	±3	吊线、钢卷尺检查
	平面外	±5	吊线、钢卷尺检查
架体或提升架横梁相对标高差		±5	水准仪检查
油缸或千斤顶安装偏差		±3	吊线、钢卷尺检查
锥形承载接头(承载螺栓)中心偏差		±5	吊线、钢卷尺检查
			吊线、钢卷尺检查
支承杆垂直偏差		3	2 m 靠尺检查

5.2 质量保证措施

5.2.1 爬模材料

爬模生产厂家需提供各类钢材的产品合格证、材质证明及检测报告。爬模系统的材料型号、规

格符合设计要求。爬模系统材料无影响结构质量的损伤^[1]。

5.2.2 爬模安装

爬模安装过程中，需严格注意以下部位的施工质量：1) 预埋孔、件位置准确；2) 爬锥处混凝土需设置加强钢筋，爬锥全部埋入混凝土内；3) 挂板、平移滑轮等紧贴混凝土表面；4) 导轨、爬架与爬锥连接牢靠，爬锥外侧设置防脱装置；5) 导轨、爬架及上下环向盒内的定位销、限位器、导向板、承力块等固定、连接及紧固装置安装牢靠、位置准确、转动灵活；6) 模板后移装置采用扳手拧动，其底座与架体连接牢靠。以上部位是影响爬模按照设计受力体系正常使用的核心关键因素，施工过程中需要进行严格控制。

5.2.3 液压系统

需要针对以下内容进行检查，使液压系统始终处于良好的工作状态：1) 液压系统压力表、开关工况良好，现场管道、设备接口等处不得有泄露、油污等痕迹；2) 超载时有溢流阀保护，油缸、油管破裂时有液压锁保护；3) 液压系统工作正常可靠，升降平稳，各缸保持同步；4) 所有油管、电缆等管道、管线均有防护设施。

6 结语

液压爬模有完整的自升系统，可以使模板不落地面，减少了起重设备吊次，工艺简单易行，无需另配大型机械，特别适用于高墩柱、施工场地狭小、工期要求紧张、质量要求高、标准化及文明施工要求高的工程。同时液压爬模施工系统需要设置有针对性的施工质量安全保证措施，保证爬模系统有效可靠的工作。通过凤凰特大桥墩身液压爬模工艺的总结出的爬模工艺及安全质量管理措施可在类似工程中推广应用。

参考文献：

[1] 顾国明. 超高层建筑滑模法与爬模法施工技术[J]. 建筑机械化, 2009,30(11):72-76.
[2] 王青. 液压爬模在超高层建筑施工中的应用[J]. 建筑工程, 2012,34(4):329-331.
[3] 崔晓强,胡玉银,陆云. 超高层建筑中液压爬模技术应用[J]. 建筑机械化,2009,30(7):61-64.